



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000181549 A**

(43) Date of publication of application: 30 . 06 . 00

(51) Int. Cl

G05D 23/19
G05B 11/32
G05B 11/36
H01L 21/324
H05B 3/00

(21) Application number: **10358595**(71) Applicant: **KOKUSAI ELECTRIC CO LTD**

(22) Date of filing: 17 . 12 . 98

(72) Inventor: **TANAKA KAZUO****(54) METHOD FOR CONTROLLING TEMPERATURE OF HEAT TREATING FURNACE**

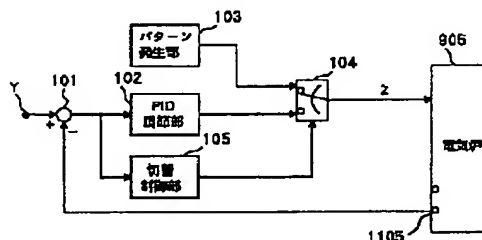
104 when change becomes small, and switches from an output of the part 103 to an output of a PID adjusting part 102.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To shorten the settling time and to improve the production efficiency by reducing the manipulated variable of power supply to almost minimum value after outputting the manipulated variable to a heat treating furnace with an almost maximum value when a processing object to be heated is inserted and then, outputting the manipulated variable of power supply to the heat treating furnace based on the deviation between a temperature target value and a detected temperature value from the heat treating furnace.

SOLUTION: A pattern generating part 103 outputs 100% (full power) for several minutes from the board load starting and after that, output 0% (power off). Thus, a manipulated variable is accelerated and given in a short time, and recovery is quickly made from a temperature lowering, and power off is performed just after that to produce a temporary temperature balancing state and to shift to a smooth and stable state. A switching controlling part 105 monitors variation between a set temperature Y and a detected temperature from a cascade thermocouple 1105 after performing power off, outputs a switching control signal to a switching device



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-181549

(P2000-181549A)

(43) 公開日 平成12年6月30日 (2000.6.30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 5 D 23/19		G 0 5 D 23/19	A 3 K 0 5 8
G 0 5 B 11/32		G 0 5 B 11/32	C 5 H 0 0 4
11/36	5 0 1	11/36	5 0 1 H 5 H 3 2 3
H 0 1 L 21/324		H 0 1 L 21/324	T
H 0 5 B 3/00	3 1 0	H 0 5 B 3/00	3 1 0 D
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平10-358595

(22) 出願日 平成10年12月17日 (1998. 12. 17)

(71) 出願人 000001122

国際電気株式会社

東京都中野区東中野三丁目14番20号

(72) 発明者 田中 和夫

東京都中野区東中野三丁目14番20号 国際
電気株式会社内

(74) 代理人 100061697

弁理士 石戸 元 (外3名)

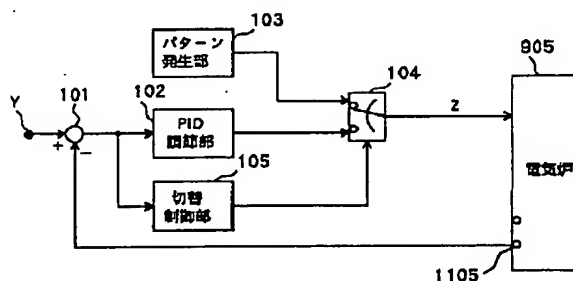
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱処理炉の温度制御方法

(57) 【要約】

【課題】 熱処理炉に被熱処理体を挿入する際に生じる温度低下を回復するために必要となる整定時間を短縮でき、生産効率を向上させることができる熱処理炉の温度制御方法を得る。

【解決手段】 熱処理炉に被熱処理体を挿入する際に、前記熱処理炉への供給電力の操作量をほぼ最大値で出力した後、ほぼ最小値に減じ、その後、温度目標値と前記熱処理炉からの温度検出値との偏差に基づき、前記熱処理炉への供給電力の操作量を出力するようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 熱処理炉に被熱処理体を挿入する際に、前記熱処理炉への供給電力の操作量をほぼ最大値で出力した後、ほぼ最小値に減じ、その後、温度目標値と前記熱処理炉からの温度検出値との偏差に基づき、前記熱処理炉への供給電力の操作量を出力するようにした熱処理炉の温度制御方法。

【請求項2】 被熱処理体を熱処理するための熱処理炉と、温度目標値と前記熱処理炉からの温度検出値との偏差に基づき、前記熱処理炉への供給電力の操作量を出力する調節部と、前記調節部からの前記操作量に代えて、予め設定している操作量パターンを出力するパターン発生部と、前記パターン発生部の出力と前記調節部の出力とを切替えて出力する切替器とを有する熱処理装置において、前記被熱処理体を前記熱処理炉内へ挿入する際に、挿入開始時に前記調節部の出力から前記パターン発生部の出力に切替えると共に、前記パターン発生部の出力を、操作量のほぼ最大値とした後、ほぼ最小値とするようにした熱処理炉の温度制御方法。

【請求項3】 前記最大値で出力する前記パターン発生部の出力時間を、前記調節部の操作量出力の積分値に基づき算出するようにした請求項2の熱処理炉の温度制御方法。

【請求項4】 加熱ゾーンが複数あって、ゾーン間の熱的干渉がある場合、前記操作量のほぼ最大値を、該ゾーン間干渉を防止する程度に低減し、低減したことによる総操作量の減少分を出力時間を長くして補うようにした請求項3の熱処理炉の温度制御方法。

【請求項5】 熱処理炉に被熱処理体を挿入する際に生じる炉内温度低下を回復させるために必要な、前記熱処理炉への供給電力の操作量の総量を予め取得しておき、前記熱処理炉への前記被熱処理体の挿入開始時に、前記炉内温度低下を回復させるために必要な供給電力の操作量の総量を集中的に出力した後、温度目標値と前記熱処理炉からの温度検出値との偏差に基づき、前記熱処理炉への供給電力の操作量を出力するようにした熱処理炉の温度制御方法。

【請求項6】 前記炉内温度低下を回復させるために必要な供給電力の操作量の総量を出力するに当たり、前記操作量をほぼ最大値で出力した後、ほぼ最小値とする請求項5の熱処理炉の温度制御方法。

【請求項7】 前記炉内温度低下を回復させるために必要な供給電力の操作量の総量を出力した後、前記熱処理炉からの温度検出値の変化が微少となった時点で、温度目標値と前記熱処理炉からの温度検出値との偏差に基づく前記熱処理炉への供給電力の操作量出力制御に切替えるようにした請求項5又は請求項6の熱処理炉の温度制御方法。

【請求項8】 前記炉内温度低下を回復させるために必要な供給電力の操作量の総量を求めるに当たり、予め設定した前記操作量の総量を、ポートロード開始時から前倒して集中的に与えた後、前記熱処理炉からの温度検出値の変化が微少となった時点で温度検出値と温度目標値を比較することにより、前記操作量の総量の過不足を判断して前記操作量の総量を調節するようにした請求項1乃至請求項7のいずれかの熱処理炉の温度制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、酸化・拡散装置やCVD装置など、半導体製造装置における処理基板ウェーハをバッチ処理する熱処理装置の温度制御方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の温度制御の一例として、電気炉を用いた半導体製造装置における温度制御について説明する。図12は、半導体製造装置として使用される縦型拡散装置の電気炉を示すブロック図である。図12に示した電気炉は、炉内を加熱するためのヒータ1101と、ヒータ1101の温度を検出するヒータ熱電対1102と、均熱管1103と反応管1104の間の温度を検出するカスケード熱電対1105と、熱処理するためのウェーハを搭載したポート1106と、ヒータ熱電対1102及びカスケード熱電対1105の検出温度と設定温度Yからヒータ1101への操作量Z（電力値）を求める温度コントローラ1107から構成されている。

【0003】ヒータ1101は、炉内温度をより高精度に制御するために複数ゾーンに分割されており、たとえば4ゾーン分割の場合には、上部から順にU、CU、CL、Lゾーンなどと呼ばれるゾーンに分割されている。それぞれのゾーンには、各ゾーンごとに、ヒータ熱電対1102とカスケード熱電対1105が設置され、カスケード熱電対1105の検出温度を設定温度Yにするよう、ヒータ熱電対1102の温度を検出しながら、ヒータ1101への操作量Zを温度コントローラ1107内のアルゴリズム（PID演算など）で算出し、ヒータ1101への電力値を調節する。

【0004】また、ポート1106は熱処理するウェーハを搭載して炉内に挿入され、熱処理が終わると炉内から引き出され、次に熱処理するウェーハを搭載して、再び炉内に挿入される。

【0005】図12に示した電気炉を有する縦型拡散装置では、たとえば図13に示すプロセス処理を行っている。図13(a)は縦型拡散装置で行われるプロセス処理の一例のフローチャートを示し、図13(b)はそのときの炉内の温度変化の概略を示したものである。

【0006】ステップS1は、炉内の温度を比較的低い温度T₁で安定させる処理である。ステップS1では、ポートはまだ炉内へ挿入されていない。ステップS2

は、ポートを炉内に挿入する処理（ポートロード）である。ウェーハの温度は通常目標温度 T 。より低いので、ポートロードした結果、炉内の温度は一時的に目標温度 T 。より低い温度になる。この温度低下をすばやく回復し、目標温度 T 。に対し微小温度範囲内で安定させるために、温度コントローラによりヒータへの操作量を調節する。

【0007】ステップS3は、目標温度 T 。からウェーハに成膜処理等のプロセス処理を施すための目標温度 T 。まで徐々に炉内の温度を上昇させる処理（ランプアップ）である。ランプアップした場合、炉内の温度は目標の傾きよりも遅れて上昇し、目標温度 T 。に対し微小温度範囲内で安定するまでにはいくらかの時間を要する。ステップS4はウェーハにプロセス処理を施すために炉内の温度を目標温度 T 。で安定させる処理である。ステップS5は、目標温度 T 。から再び比較的低い目標温度 T 。まで徐々に炉内の温度を下降させる処理である。ステップS6は、プロセス処理が施されたウェーハを搭載しているポートを炉内から引き出す処理である。

【0008】通常ステップS1からステップS6の処理は繰り返し行われるため、1つ1つのステップを短時間で行うことが生産性向上につながる。また、CVD炉などでは、温度 T 。から T 。へのランプアップ処理（S3）を行わずに、ポートロード時の温度 T 。のままウェーハに成膜処理等を施すプロセスもあるため、特に温度制御に求められる性能として、ポートロード時において、目標温度に対し微小温度範囲内で安定するまでの時間（整定時間）の短縮がある。

【0009】次に、ポートロード時の温度制御について説明する。従来、ポートロード時の温度制御方法として図8のようなカスケード制御方法が用いられてきた。図8に示すカスケード制御方法は、図12に示した温度コントローラ1107内で実行されるアルゴリズムの一例である。カスケード制御方法による構成は、設定温度 Y とカスケード熱電対1105からの検出温度の偏差を出力する第1の加算器901と、第1の加算器901の出力に応じてPID演算しヒータ熱電対1102からの検出温度が追従すべき値を指示する第1のPID調節部902と、第1のPID調節部902の出力とヒータ熱電対1102からの検出温度の偏差を出力する第2の加算器903と、第2の加算器903の出力に応じてPID演算し電気炉905への操作量 Z を指示する第2のPID調節部904とで構成される。図8は一つのゾーンのみを記述しているが、4ゾーン分割される場合は、同様の構成がそれぞれのゾーンごとに存在する。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】図8で示すカスケード制御方法で、ポートロードを実行した場合のカスケード熱電対1105からの検出温度の時間変化の一例を図14に示す。設定温度は500℃で、ポート挿入開始を0

分とし、ポート挿入終了は3分後である。図から分かるように、ポート挿入開始から始まった温度低下は、徐々に設定温度に向かって回復し、設定温度を越えた後程やかな変化で設定温度で安定している。ポート挿入終了から、設定温度に対して $\pm 3^\circ\text{C}$ 以内で安定するまでの整定時間は4つのゾーンの平均で42分である。

【0011】通常、強制冷却の手段の無い電気炉は、熱し易く冷め難いという特性のため、図14のように一旦設定温度である500℃を超えてしまうと、再び設定温度500℃で安定するまでかなりの時間を要する。設定温度を超えてしまう主な原因としては、PID制御におけるI（積分）動作による操作量指示が大きすぎることである。

【0012】そこで、I動作によって設定温度を越えてしまうことを防止するために、設定温度で安定するための操作量を予め記憶しておき、I動作の出力に代えてこの安定時の操作量を使用する方法も使用されている。この方法で、ポートロードを実行した場合におけるカスケード熱電対からの検出温度の時間変化の一例を図15に示す。条件は、図14と同様である。

【0013】図15のように、安定時の操作量をI動作の代わりにしようとすることで、Uゾーン以外のゾーンは設定温度を越えない結果となっている。Uゾーンは、CUゾーンからの干渉の影響がかなり強い構造をしており、ゾーン間の干渉を考慮に入れない制御では、完全に独立な制御が不可能となるためである。

【0014】また、Uゾーン以外のゾーンにおいても、設定温度を越えない代わりに、設定温度の手前付近からの変化が緩くなっており、安定までの時間短縮効果が薄れている。これは、ポートロード時に必要な操作量には、温度低下から回復するための操作量と、設定温度で安定するための操作量の2種類があり、この場合、設定温度で安定するための操作量でI動作出力を固定したために、温度低下から回復するための操作量が不足したためである。ちなみに、図15における整定時間は平均で32分である。

【0015】以上のことより、現状のポートロード時の温度制御における問題点は、（1）温度低下から回復するために与える操作量に過不足が生じている。（2）ゾーン間の干渉を考慮に入れないために独立制御が不可能になっていることなどが挙げられる。

【0016】そこで、この発明は、上記問題点を解決し、熱処理炉に被熱処理体を挿入する際に生じる温度低下を回復するために必要となる整定時間を短縮でき、生産効率を向上させることができる温度制御方法を提供することを目的としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するため、請求項1に記載した発明は、熱処理炉に被熱処理体を挿入する際に、前記熱処理炉への供給電力の操作量

をほぼ最大値で出力した後、ほぼ最小値に減じ、その後、温度目標値と前記熱処理炉からの温度検出値との偏差に基づき、前記熱処理炉への供給電力の操作量を出力するようにしたものである。

【0018】また、請求項2に記載した発明は、被熱処理体を熱処理するための熱処理炉と、温度目標値と前記熱処理炉からの温度検出値との偏差に基づき、前記熱処理炉への供給電力の操作量を出力する調節部と、前記調節部からの前記操作量に代えて、予め設定している操作量パターンを出力するパターン発生部と、前記パターン発生部の出力と前記調節部の出力とを切替えて出力する切替器とを有する熱処理装置において、前記被熱処理体を前記熱処理炉内へ挿入する際に、挿入開始時に前記調節部の出力から前記パターン発生部の出力に切替えると共に、前記パターン発生部の出力を、操作量のほぼ最大値とした後、ほぼ最小値とするようにしたものである。

【0019】更に、請求項3に記載した発明は、請求項2に記載した発明において、前記最大値で出力する前記パターン発生部の出力時間を、前記調節部の操作量出力の積分値に基づき算出するようにしたものである。

【0020】また、請求項4に記載した発明は、請求項3に記載した発明において、加熱ゾーンが複数あって、ゾーン間の熱的干渉がある場合、前記操作量のほぼ最大値を、該ゾーン間干渉を防止する程度に低減し、低減したことによる総操作量の減少分を出力時間を長くして補うようにしたものである。

【0021】更に、請求項5に記載した発明は、熱処理炉に被熱処理体を挿入する際に生じる炉内温度低下を回復させるために必要な、前記熱処理炉への供給電力の操作量の総量を予め取得しておき、前記熱処理炉への前記被熱処理体の挿入開始時に、前記炉内温度低下を回復させるために必要な供給電力の操作量の総量を集中的に出力した後、温度目標値と前記熱処理炉からの温度検出値との偏差に基づき、前記熱処理炉への供給電力の操作量を出力するようにしたものである。

【0022】また、請求項6に記載した発明は、請求項5に記載した発明において、前記炉内温度低下を回復させるために必要な供給電力の操作量の総量を出力するに当たり、前記操作量をほぼ最大値で出力した後、ほぼ最小値とするようにしたものである。

【0023】更に、請求項7に記載した発明は、請求項5又は請求項6に記載した発明において、前記炉内温度低下を回復させるために必要な供給電力の操作量の総量を出力した後、前記熱処理炉からの温度検出値の変化が微少となった時点で、温度目標値と前記熱処理炉からの温度検出値との偏差に基づく前記熱処理炉への供給電力の操作量出力制御に切替えるようにしたものである。

【0024】また、請求項8に記載した発明は、請求項1乃至請求項7のいずれかに記載した発明において、前記炉内温度低下を回復させるために必要な供給電力の操

作量の総量を求めるに当たり、予め設定した前記操作量の総量を、ポートロード開始時から前倒して集中的に与えた後、前記熱処理炉からの温度検出値の変化が微少となった時点で温度検出値と温度目標値を比較することにより、前記操作量の総量の過不足を判断して前記操作量の総量を調節するようにしたものである。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の形態1を図面を用いて説明する。いずれの図面及び説明とも、図12の縦型拡散装置(4ゾーン)を例として用いるが、縦型装置以外の他の電気炉及びガス炉・蒸気炉などにも応用できる。

【0026】図1はこの発明による温度制御方法の構成例を示すブロック図である。図1に示す構成は、設定温度Yとカスケード熱電対1105からの検出温度との偏差を出力する加算器101と、加算器101の出力に応じてPID演算しヒータへの操作量を出力するPID調節部102と、ポートロード時に温度低下から回復するために必要と思われる適切な操作量パターンを出力するパターン発生部103と、PID調節部102の出力とパターン発生部103の出力のうちいずれか一つを切替制御信号によって選択し電気炉905へ出力する切替器104と、加算器101の出力を監視し、特定の条件に対応して切替器104へ切替信号を出力する切替制御部105から成っている。パターン発生部103と切替制御部104は各々内部に同一時刻を示す時計を有しており、ポートロードの開始時間を予め記憶している。

【0027】また、切替器104によりパターン発生部103の出力からPID調節部102の出力への切替の際に設定温度Yで安定するための操作量が必要なので、PID調節部102は設定温度Yで安定するための操作量を予め記憶している。

【0028】なお、図1に示した構成による制御方法は、図8に示した従来のカスケード制御と比較して、ヒータ熱電対1102からの検出温度を制御するループを取り除いた構成となっている。図8に示したカスケード制御方式は、2重ループにすることで炉内温度のオーバーシュートを低減する効果があるなどの理由により、一般に使用されているが、本発明は、炉への操作量を直接指示する方式なので、カスケード制御方式使用する必要性はなく、むしろパターン発生部103の出力からPID調節部102の出力へ切り替わった際に、PID調節部側がヒータ熱電対1102からの検出温度を制御するループを含んでいると、応答性が悪化する場合があるため、図1のような構成となっている。

【0029】次に、実施の形態1における動作について説明する。図1に示した制御方法では、ポートが挿入されるまでは、切替器104はPID調節部102の出力を選択しており、設定温度Yとカスケード熱電対1105からの検出温度との偏差に応じてPID調節部102

10

20

30

40

50

においてPID演算を行って、ヒータへの操作量Zを出力する。

【0030】そして、予め記憶しておいたポートロードの開始時間になったときに、切替制御部105からの切替信号によって切替器104がパターン発生部103の出力を選択し、同時にパターン発生部103から温度低下から回復するために必要とされる適切な操作量パターンを出力する。パターン発生部103から出力されるパターンの一例を図2に示す。図2から分かるように、ポートロード開始から数分間100%（フルパワー）を出力し、その後0%（パワーオフ）を出力している。これは温度低下から回復するための操作量を前倒して短時間で与えることでより速く温度低下から回復し、その後すぐにパワーオフすることで一時的な温度平衡状態を作りスムーズに安定状態へ移行させるためである。

【0031】そして、パワーオフした後から切替制御部105は、設定温度Yとカスケード熱電対1105からの検出温度との偏差を監視し、変化が微小となった時（変化微分値=0、例えば1分間の変化が1℃以内などの条件を満たした時）に切替器104へ切替制御信号を出力し、パターン発生部103の出力からPID調節部102の出力へ切り替える。

【0032】ここで、温度変化が微小となった時にPID制御に切り替えるのは、温度低下から回復するために操作量として前倒して与えた量が妥当であるか否かの判断の容易性にある。すなわち、温度変化が微小になった点が設定温度より低い場合には、前倒して与えた量が少なかつたものと判断でき、逆に温度変化が微小になった点が設定温度より高い場合は、前倒して与えた量が多かつたものと判断できる。

【0033】もし、未だ温度変化が大きい時点でPID制御へ切り替えたとすると、その後の温度変化が前倒して与えた量と、PID制御で与えた操作量のどちらによる変化なのか判断が難しくなる。また、温度変化が微小になった時より遅い場合、再度設定温度を大きく下回る可能性もあるため、温度変化が微小になった時にPID制御へ切り替えるようにしている。

【0034】ただし、前倒して与える量が妥当であると判断できた後は、温度変化が大きい場合でも、PID制御へ切り替えることは可能である。これによれば、温度低下から回復した後、再度設定温度を大きく下回ることを防止できる。なお、他の方法としては、測定温度が設定温度の±3℃以内の範囲に入ったらPID制御に切り替えるなどの方法も可能となる。また、ゾーンによって反応速度が異なるため、Uゾーンは1分間に1℃以内、Lゾーンは1分間に2℃以内の変化になったら切り替えるというように、ゾーンごとに異なる切替え条件を用いることも可能である。

【0035】PID調節部102の出力へ切り替える時には、スムーズに設定温度で安定させるために、予め記

憶しておいた設定温度Yで安定するための操作量をI動作の出力の代わりに使用する。

【0036】図2の操作量パターンをヒータに与えたときのカスケード熱電対による検出温度の時間変化を図3に示す。図示したように、パワーオフした後に温度変化が微小になった矢印の時点で、PID調節部の出力へ切り替わっている。以上の処理は、図1のゾーンのみの場合で説明したが、例えば4ゾーン分割された場合は4つのゾーンそれぞれ独立に実行される。また、切り替えるために監視する値を、設定温度Yとカスケード熱電対1105からの検出温度との偏差の代わりに、カスケード熱電対1105からの検出温度としてもよい。

【0037】次にパターン発生部103から出力されるパターンの決定方法について説明する。まず温度低下から回復するために必要な操作量を把握するために、図4のような制御方法でポートロードを実行する。図4は図8のカスケード制御方法と比較して、カスケード熱電対1105からの検出温度を制御するループを取り除き、ヒータ熱電対1102からの検出温度のみを制御する構成となっており、特徴的部分として補正值出力部503を備えている。補正值出力部503の出力は、設定温度Y及びヒータ熱電対1102の検出温度と共に加算器501に入力され、この偏差がPID調節部502に入力される。PID調節部502の出力は、操作量Zとして電気炉905に入力される。

【0038】一般に、図8のカスケード制御方法でカスケード熱電対1105からの検出温度を設定温度Yで安定させた場合、カスケード熱電対1105からの検出温度とヒータ熱電対1102からの検出温度との間には温度差が生じる。この温度差を事前に補正值出力部503に記録しておき、図4のように、設定温度Yに加えた温度でヒータ熱電対1102からの検出温度を制御することで、カスケード熱電対1105からの検出温度を設定温度Yにすることができる。

【0039】つまり、カスケード熱電対1105からの検出温度を設定温度Yで安定させるために必要なヒータの温度を設定温度として、ヒータ熱電対1102からの検出温度を制御するのである。この方法は、一般にヒータ制御又はダイレクト制御と呼ばれる。

【0040】図4の構成でポートロードを実行した場合のヒータ熱電対1102及びカスケード熱電対1105からの検出温度の時間変化の一例を図5に示す。図5から分かるように、ヒータ熱電対の温度のみを制御しているために、カスケード熱電対の温度は穏やかに上昇している。また、ヒータ熱電対の温度がカスケード熱電対の温度に比べて温度低下が小さいのは、装置の構造上ポートからの距離が遠く、ポート挿入による影響が小さいため、及びヒータの近傍を測定しているため、温度低下を素早く回復できるためである。

【0041】図5に示される検出温度の時間変化が得ら

れるときのPID調節部502からの操作量出力を図6に示す。図6に点線で示した値がカスケード熱電対の温度が設定温度で安定するためのおよその操作量出力と判断すると、この値より大きく出力した量の合計が、設定温度で安定するための操作量だけでは不足している操作量、つまり温度低下から回復するために必要な操作量の近似値と考えられる。この値を使用してパターン発生部から出力するパターンを決定する。

【0042】なお、上述したパターンの決定に際して、図4において、ヒータ熱電対1102の検出温度を採用し、カスケード熱電対の検出温度を使用しないのは、図8に示したカスケード制御の場合、図14または図15に示したような温度変化出力となり、この場合、測定温度が設定温度を越えており、温度低下から回復するために必要な操作量以上を与えていることが分かる。これでは、安定出力より大きく出力した量の合計には、温度低下から回復するための操作量と共に、設定温度を越えるための操作量も含まれており、二つの値を分離処理することが必要となる。しかし、この分離処理が複雑となり、これを回避するためである。

【0043】以下、単純化した数値例を使用して、パターンの決定方法を説明する。安定出力が20%であった時、安定出力より大きく出力した量を求めるに際しては、制御周期ごとにサンプリングした操作量から、安定出力を引いた値を合計し、例えばこの値が12000であったとすると、

【0044】

【数1】 $12000 \div \{100\%(\text{フルパワー}) - 20\%(\text{安定出力})\} = 150$ (制御周期)

【0045】となる。これは、ポートロード開始から150制御周期の間、フルパワー出力する必要があるということの意味している。ここで、制御周期を例えば2秒とすると、

【0046】

【数2】 $150 \div (60/2) = 5$ (分)

【0047】となり、これがフルパワーを出力する時間長さとなる。つまり、ポートロード開始から5分間フルパワーを出力し、その後0%を出力する(パワーオフする)パターンとなる。

【0048】図1のような1ゾーンのための構成や、ゾーン分割されていてもゾーン間の干渉がない場合には、上記で求めたパターンで決定できるが、ゾーン間の干渉がある場合には、干渉を考慮に入れてパターンを調整しなければならない(干渉が無い場合にも、測定誤差が含まれているので若干の調整が有効である)。パターンの調整は、求めたパターンを使用して数回ポートロードを試行した結果で行う。

【0049】調整の基本的な内容として、①PID制御への切替点でのカスケード熱電対の測定温度と設定温度との大小関係によってフルパワーの時間を調整する、②

干渉の関係からフルパワーの値を制限し、これに伴い時間も調整することの二つがある。図7を使用して①を説明する。

【0050】図7において、パワーオフの後に温度変化が微少になってPID制御に切り替わった点の温度は約50.9℃と、設定温度50.0℃に対して許容誤差範囲とされる±3℃を超えている。このような場合は、フルパワーの出力時間を短くする。具体的には、図7でのパターンがポートロード開始から5分間フルパワーを出力するという設定であった場合、「5分間の10%減=4.5分」を調整後のフルパワーの出力時間とする。

【0051】この10%という値は、調整後の応答が各装置ごとに異なるために、調整の目安としての暫定値であるので、この10%変化させた結果から再度調整を行う必要がある。これは、例えば、調整前は設定温度を9℃超えていたものが、10%減をした結果、設定温度を超えた温度が6℃になったとすると、更に3℃減少させるためには、「 $+3℃ \div (9℃ - 6℃) \times 10\%$ 」から、更に10%減したパターンにより決定できることが分かる。

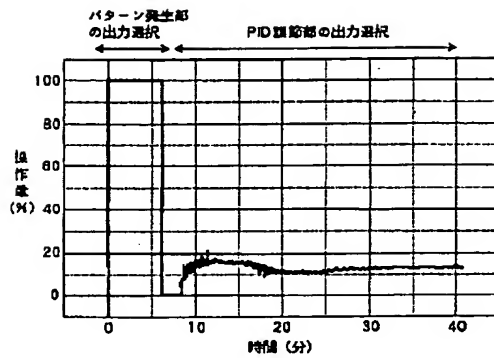
【0052】次に②について図15を使用して説明する。図示したように、CUゾーンの温度低下を回復させようすると、装置の構造上どうしてもUゾーンの温度は設定温度を大きく超えてしまう。このため、CUゾーンへの設定パターンはUゾーンの変化も考慮に入れて決定する。具体的には、温度低下から回復するための操作量を前倒してフルパワーとして与えるのではなく、フルパワーの値を100%以下(例えば70%など)に制限し、これに伴う操作量の減少をパワーの出力時間を長くして調整する。

【0053】例えば図4の構成でポートロードした結果、フルパワー(100%)の出力時間3分間と求めた場合、100%の10%減=90%で3.3分(= $(100 \times 3 \text{分}) \div 90\%$)と変更する。

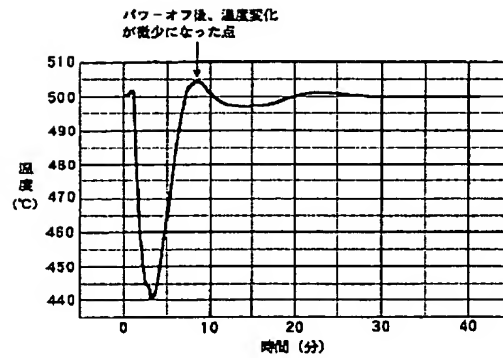
【0054】このパターンを使用してポートロードを行った結果、Uゾーンの設定温度を超える温度が2.0℃から1.5℃になったとすると、更に1.2℃(すなわち $1.5℃ - 3℃$)減少させるために、「 $\{+1.2℃ \div (2.0℃ - 1.5℃)\} \times 10\%$ 」から更に2.4%減したパターンで決定できる。

【0055】以上の方法で、図1のパターン発生部103から出力するためのパターンが決定できるが、装置の非線形性(10%減で5℃変化した場合、20%減では5℃ $\times 2 = 10℃$ 変化しないこと)及び測定誤差が存在するので、数回の調整(上記①及び②の繰り返し)を行うことで良好な制御性能、つまり整定時間の短縮が達成できる。本発明の制御方法でポートロードを行った場合のカスケード熱電対温度の時間変化の一例を図9に示す。この時の整定時間は平均で10.5分である。これは、従来に比べ、75~54%の減少となっている。

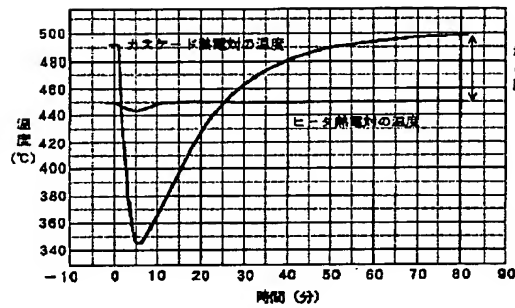
【図2】



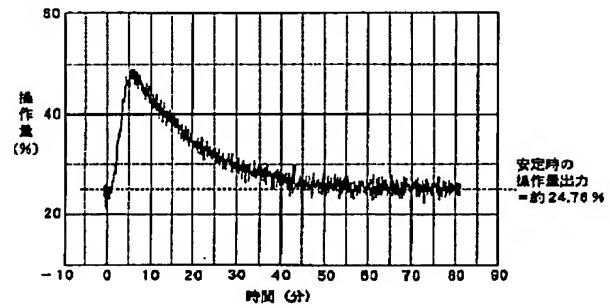
【図3】



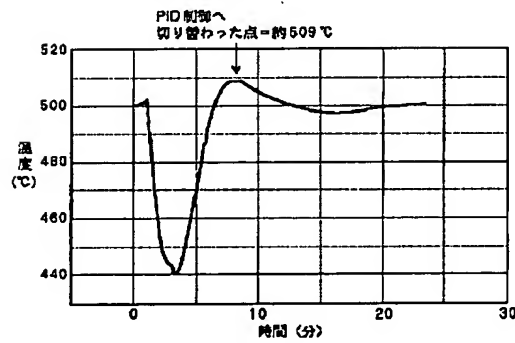
【図5】



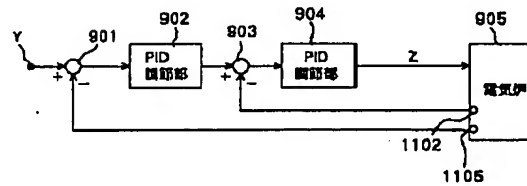
【図6】



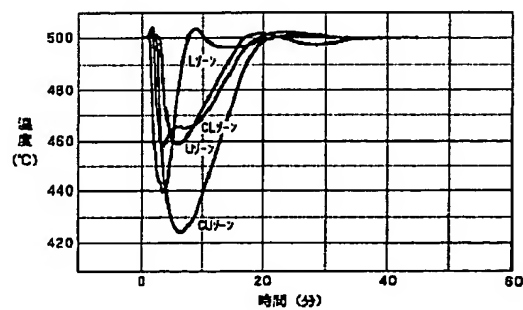
【図7】



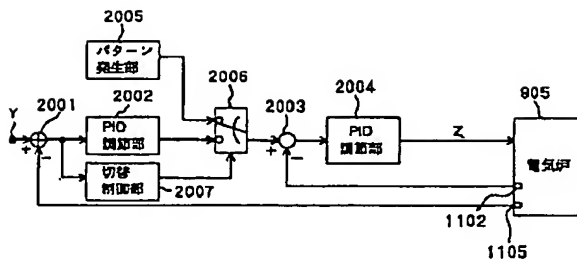
【図8】



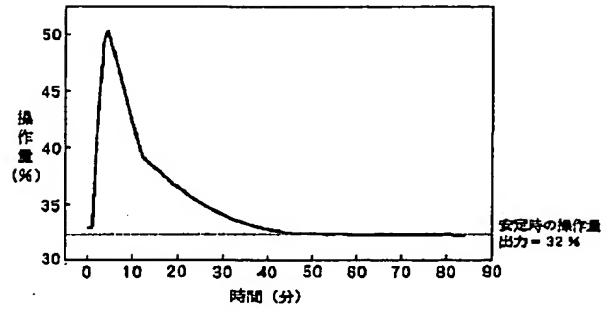
【図9】



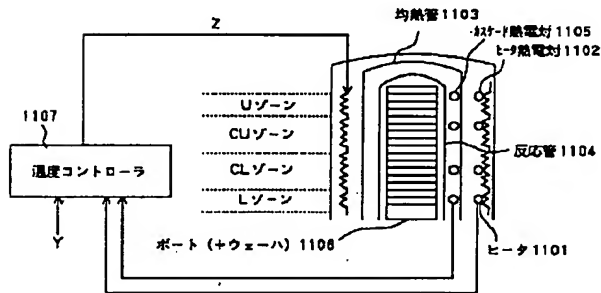
【図10】



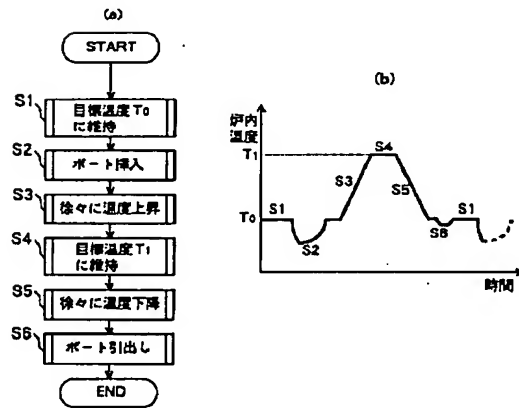
【図11】



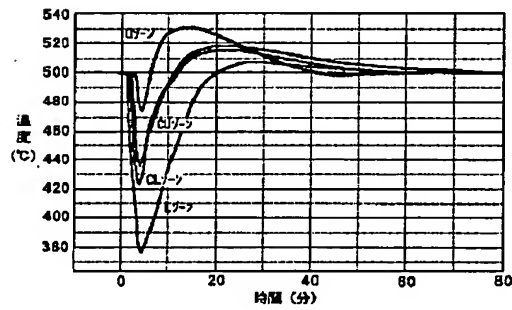
【図12】



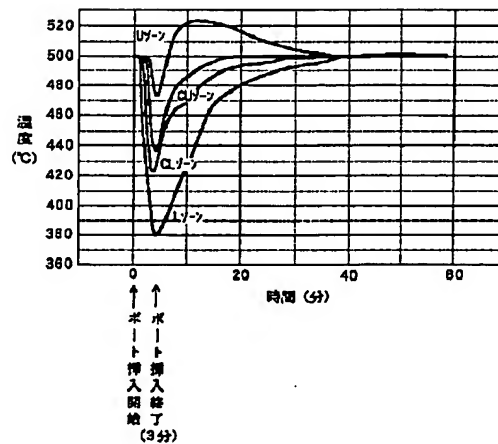
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	タームコード(参考)
H 0 5 B 3/00	3 6 5	H 0 5 B 3/00	3 6 5 M

F ターム(参考) 3K058 AA02 AA73 BA19 CA28 CA69
 CB12 CB15 CC09 CE24 CE25
 CE31 GA03 GA05
 5H004 GA02 GB20 HA01 HB01 JA04
 JA22 JB08 KA05 KA62 KA69
 KA71 KB02 KB04 KB06 KB34
 KB39 KC19 KC38 KD63 LA15
 LA18 LB05
 5H323 AA27 BB02 BB04 CA02 CB02
 CB42 DA01 EE05 FF01 FF03
 FF10 GG02 KK01 KK07 LL01
 LL02 LL16 LL19 LL20 MM04
 MM06